
Elements per a la gestió hidrològica al tram mitjà de la Tordera

Josep Mas-Pla

*Unitat de Geodinàmica Externa i Hidrogeologia
Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals
Universitat Autònoma de Barcelona*

Resum

El cabal superficial a la Tordera presenta una notable influència de les activitats antròpiques. En aquest estudi s'avaluen diferents dades com el cabal superficial, l'evolució del nivell freàtic, els abocaments a la llera i la qualitat hidroquímica de l'aigua superficial per aportar elements o criteris per a la gestió hidrològica del tram mitjà de la conca.

Paraules clau

Recursos hídrics, gestió hidrològica, Tordera

Resumen

Elementos para la gestión hidrológica del sector medio del río Tordera

El caudal superficial en el río Tordera se halla notablemente influenciado por la actividad humana. En este estudio se evalúan distintos datos, como el caudal superficial, la evolución del nivel freático, los vertidos al cauce y la calidad hidroquímica del agua superficial con la finalidad de determinar elementos destinados a sustentar la gestión de los recursos hidrológicos.

Palabras clave

Recursos hídricos, gestión hidrológica, Tordera

Abstract

Elements for the Hydrological Management of the Middle Section of the Tordera River

The surface flow rate of the Tordera shows a significant influence of human activities. This study evaluates different data, such as the surface flow rate, the evolution of the groundwater table, dumping in the riverbed and the hydro-chemical quality of the surface water in order to contribute elements or criteria for hydrological management of the middle section of the river basin.

Keywords

Water resources, hydrological management, Tordera River

Introducció

La gestió hidrològica en el marc d'un desenvolupament sostenible comprèn aquells aspectes que fan referència a la influència antròpica en l'abastament i la qualitat ecològica dels sistemes naturals. La Directiva marc de l'aigua (DMA, 2000/60/CE) s'adreça en aquest sentit i, entre altres objectius, promou la recuperació de l'estat ecològic de les masses d'aigua a curt termini.

La conca de la Tordera (conques internes de Catalunya) ha sofert en les darreres dècades un important desenvolupament socioeconòmic que ha produït una explotació intensiva dels recursos i, amb aquesta, una pèrdua de la qualitat dels hàbitats de ribera i zones humides (PRAT *et al.*, 2002; OBSERVATORI DE LA TORDERA, 2003). Com a moltes àrees amb una forta antropització, la problemàtica hidrològica a la Tordera és el resultat del conflicte entre l'abastament dels usos antròpics i les necessitats dels medis naturals: la captació contínua de recursos hídrics, tant superficials com subterranis, per a diferents usos condiciona el cabal resultant a la llera (WINTER *et al.*, 1998) i, amb aquest, la possibilitat de disposar d'un volum d'aigua adequat i amb una qualitat apropiada per a les necessitats ecològiques. Concretament, la qüestió de la qualitat està relacionada amb el cabal mitjançant la capacitat de dilució que aquest exerceix en les concentracions dels distints elements abocats a la llera per les aigües residuals procedents de l'ús urbà i industrial (amb o sense sanejament).

L'objectiu d'aquest treball consisteix a avaluar distintes dades hidrològiques amb la finalitat d'aportar un seguit d'elements o criteris útils per formular la gestió dels recursos hídrics de la conca de la Tordera, manifestant les limitacions que imposa la influència antròpica per restituir unes dinàmiques hidrològiques i ecològiques apropiades. Específicament, es tractarà el règim de cabals i la seva relació amb el cabal de manteniment, les relacions de flux entre el riu i l'aqüífer, la procedència de les aportacions que constitueixen el cabal superficial i, finalment, les característiques hidroquímiques del cabal superficial.

Les dades que es consideren són els cabals mitjans diaris, a partir dels registres de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) a les estacions d'aforament de Sant Celoni (EA15), Fogars de Tordera (EA89) i de les rieres d'Arbúcies i de Santa Coloma (EA56 i EA81, respectivament). Les dades

piezomètriques i hidroquímiques formen part del projecte L'Observatori de la Tordera (<http://www.observatoririu-tordera.org>). Tanmateix, les dades corresponents als abocaments de les EDAR i indústries també han estat cedides per l'ACA.

Context geogràfic

La conca de la Tordera se situa a les conques internes, a la Serralada Litoral, amb una extensió de 1.786 km². Aquest treball se centra en el tram mitjà de la conca (fig. 1), concretament entre les estacions d'aforament de Sant Celoni i de Fogars de Tordera. La zona d'estudi comprèn les planes al·luvials i els aquífers lliures d'aquest tram; els quals presenten una estreta relació amb els processos fluvials (ACA-GEOSERVEI, 2002; ACA, 2002).

Elements per a la gestió

El règim de cabals

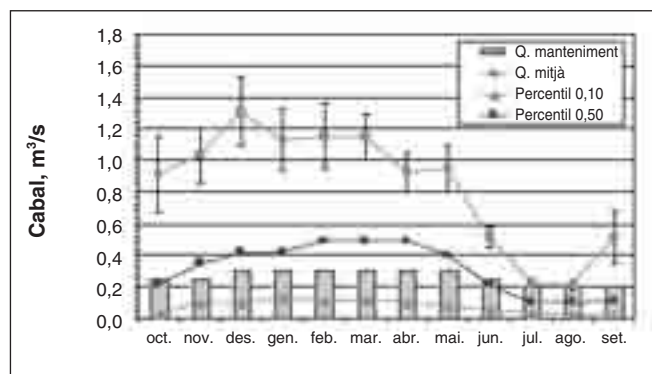
El règim de cabals a la Tordera està intensament modificat per l'acció antròpica de captació dels recursos. El cabal registrat a les estacions d'aforament permet, malgrat les disfuncions reconegudes en les mesures (ACA, 2002), aproximar els recursos disponibles a la conca (ACA, 2004a; MAS-PLA *et al.*, 2004). No obstant això, des de la perspectiva ambiental, la preservació de la biodiversitat en els entorns de ribera requereix una variabilitat de cabal que permeti des dels estiatges propis del clima mediterrani fins a les avingudes amb un cabal regenerador de les condicions ec hidrològiques de la llera (POFF *et al.*, 1997). En aquest sentit, el cabal de manteniment reflecteix un valor mínim, establert des de l'àmbit administratiu, per garantir una correcta dinàmica dels hàbitats, restringint l'ús de la demanda antròpica en una conca hidrogràfica. Recentment, ha estat publicat el Pla sectorial de cabals de manteniment a les conques internes de Catalunya (ACA, 2004b). En aquest document s'estableixen els cabals de manteniment mensuals en funció de la variabilitat dels règims fluvials. Concretament, la Tordera s'emmarca en el subtipus A3 corresponent al règim mediterrani humit.

La comparació entre la freqüència dels cabals i el cabal de manteniment assignat al tram fluvial de Sant Celoni es mostra en la figura 2. S'observa com, excepte en els mesos d'estiu, el cabal de manteniment és inferior a la mediana (aproximant-se al percentil 0,35-0,40), de manera que més de la meitat dels dies se satisfarà aquesta necessitat. Durant l'estiu,

Figura 1. Situació geogràfica de la zona d'estudi.



Figura 2. Distribució mensual del cabal mitjà, dels percentils 0,1 i 0,5 i del cabal de manteniment a l'EA de Sant Celoni (1940-2000) (ACA, 2004a,b).



no obstant, aquest se situa proper al percentil 0,70; indicant que el cabal serà superior a l'assignat només el 30% dels dies. Tanmateix, el valor del cabal mitjà mensual és en tot moment superior i, com a paràmetre estadístic, no és adequat per valorar la idoneïtat dels cabals de manteniment definits.

La relació riu-aqüífer

El bescanvi d'aigua entre el riu i l'aqüífer determina la disponibilitat d'un cabal de base (és a dir, aquell que flueix en períodes de nul·la o escassa precipitació) i que és responsable, generalment, de l'existència del cabal de manteniment. En règims no influenciats per extraccions, la recàrrega dels aqüífers amb aigua superficial té lloc durant les estacions humides, i l'aqüífer cedeix aigua al riu durant els períodes de sequera (ALLEY *et al.*, 2002). No obstant això, aquesta relació pot modificar-se si els nivells dels aqüífers es mantenen deprimits per la captació contínua i intensa de les aigües subterrànies. En aquest cas, el nivell freàtic se

situa en una cota inferior a la de la llera afavorint la infiltració i impossibilitant aquest cabal de base.

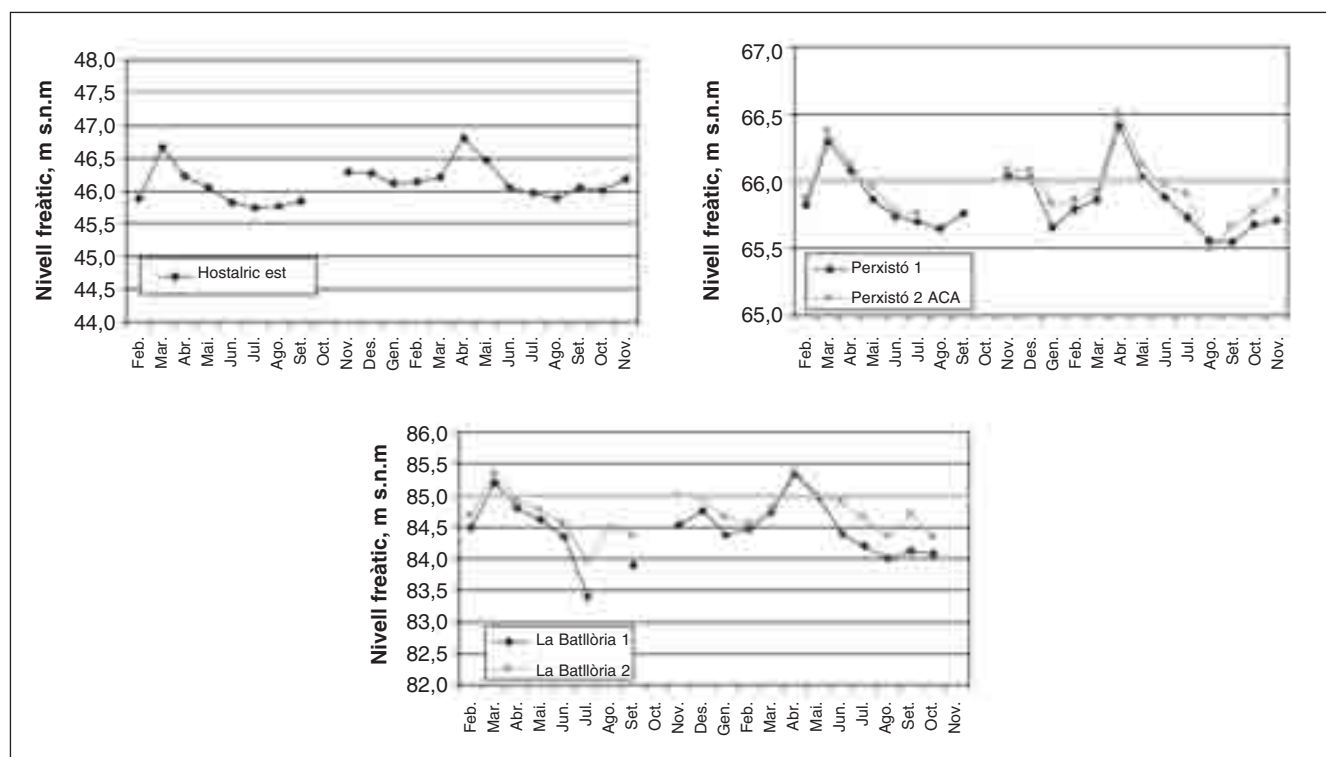
Amb la finalitat de registrar aquestes tendències, la figura 3 mostra l'evolució del nivell freàtic a diferents pous situats en l'aqüífer al·luvial superior del tram mitjà de la Tordera respecte a la cota de la llera més propera a la ubicació del pou (admetem un error en l'apreciació de la topografia de $\pm 0,5$ m, segons la cartografia E 1:5.000 de l'ICC). S'observa que des del febrer del 2003 fins al novembre del 2004, les condicions habituals han estat d'infiltració des del riu cap a l'aqüífer; sent dominants en el cas dels pous situats a l'est d'Hostalric. Aquesta dinàmica observada, si bé dona lloc a una recàrrega efectiva dels aqüífers, és contrària al manteniment del cabal superficial i, per tant, pot també ser-ho per als interessos ambientals quan està causada per l'explotació intensa dels recursos subterranis.

La procedència de les aportacions al cabal superficial

Els elements anteriors indiquen la dificultat de disposar del cabal de manteniment a la Tordera i confirmen la pressió que s'exerceix damunt del cabal del riu, limitant la seva funció ecològica. En aquest sentit, la determinació de la procedència de l'aigua que dona lloc al cabal superficial és rellevant en la gestió hídrica de la conca, atès que permetrà conèixer quina és l'aportació de cada una de les procedències i amb quina qualitat arriba a la llera. En aquesta estimació, les aportacions que són degudes al retorn de l'ús antròpic no consumptiu adquireixen un notable interès.

Negre *et al.* (2004) han realitzat un balanç hidrològic en el tram mitjà de la Tordera entre les estacions d'aforament de Sant Celoni i Fogars des del gener del 1997 al maig del 2003. En aquest balanç, les entrades corresponen al cabal aforat a Sant Celoni, més les aportacions de les dues rieres

Figura 3. Evolució del nivell freàtic a diferents pous de l'aqüífer lliure al tram mitjà durant el període del febrer del 2003 al novembre del 2004 (vegeu localització en la fig. 1). La línia horitzontal indica la cota topogràfica de la llera al punt més proper als pous.



aforades (Arbúcies i Santa Coloma), les d'altres rieres dels vessants del Montseny i el Montnegre, i les aportacions procedents de les EDAR i les indústries. Les sortides corresponen als cabals registrats a l'estació de Fogars. El bescanvi d'aigua entre el riu i l'aquífer esdevé la incògnita del balanç. Els detalls referents als càlculs de cada un dels factors del balanç estan descrits en la referència esmentada.

Els resultats d'aquest balanç hidrològic en el tram mitjà de la Tordera són els següents:

- Sobre la base de les mitjanes mensuals, les aportacions de l'aquífer cap al riu dominen en el període de gener a juny, en tant que la infiltració d'aigua superficial té lloc en el segon semestre de l'any (fig. 4).

- Respecte als percentatges de les distintes procedències, les aportacions mitjanes d'aigua subterrània al cabal superficial mesurat a Fogars representen el 45% del cabal total el mes de febrer, sent de l'ordre del 20-30% a la resta de mesos del primer semestre. El cabal de la Tordera registrat a Sant Celoni aporta el 10-20% del cabal mensual mitjà, en tant que la resta de rieres que desemboquen al tram mitjà contribueixen entre el 45 i el 80% a aquest cabal. Finalment, les aportacions antròpiques mitjanes són inferiors al 5%, excepte en els mesos de juny a octubre, quan poden assolir fins al 25% (agost) del cabal mitjà mensual. La figura 5 mostra l'evolució d'aquests percentatges a escala mensual des del gener del 1997 al maig del 2003, i il·lustra com, en determinats mesos d'estiu, la contribució

de les aportacions procedents del retorn d'usos antròpics pot assolir el 60% del cabal mitjà mensual.

- L'evolució de les dades piezomètriques registrades per l'ACA en els punts de control periòdic a l'aquífer al·luvial superficial del tram mitjà de la Tordera en referència a la cota de la llera més propera coincideix amb el signe del bescanvi calculat en el balanç (vegeu NEGRE *et al.*, 2004). És a dir, durant el primer semestre de l'any el nivell freàtic sol ser superior a la cota de la llera, donant lloc a una alimentació del cabal superficial, i durant el segon semestre es dona la situació inversa. Aquesta coherència entre el resultat del balanç i l'evolució piezomètrica confirma la validesa del balanç proposat i de les seves tendències. La magnitud estimada del bescanvi riu-aquífer està condicionada per la precisió de les dades utilitzades.

Característiques hidroquímiques del cabal superficial

En el cas de la Tordera, la qualitat de les aigües superficials està relacionada amb les característiques químiques dels abocaments; els quals són, bàsicament, de caire urbà i industrial. La figura 6 representa la variabilitat de la conductivitat de l'aigua superficial a la Tordera en onze punts de mostreig des del peu del Montseny (Viladecans) fins a Malgrat, on s'observa la influència de les zones industrials/urbanes de Sant Celoni i Hostalric en la salinitat. No obstant això, si es representa la variabilitat de diferents elements, concretament el nitrat com a indicador de les aportacions urbanes procedents de les EDAR i el clorur i sulfat propis dels abocaments industrials (fig. 7), observem que les tendències espacials són distintes i assenyalen els segments de llera amb cada una de les influències esmentades i la seva evolució.

Tanmateix, les dades hidroquímiques a escala mensual mostren distintes distribucions espacials al llarg de la Tordera, les quals han estat relacionades amb la capacitat de dilució que té el cabal procedent de la conca alta i dels distintes afluents en relació amb les aportacions antròpiques responsables de la concentració elevada de determinats elements i compostos a l'aigua superficial (OBSERVATORI DE LA TORDERA, 2003).

Figura 4. Balanç hidrològic mitjà mensual al tram mitjà de la Tordera (segons NEGRE *et al.*, 2004).

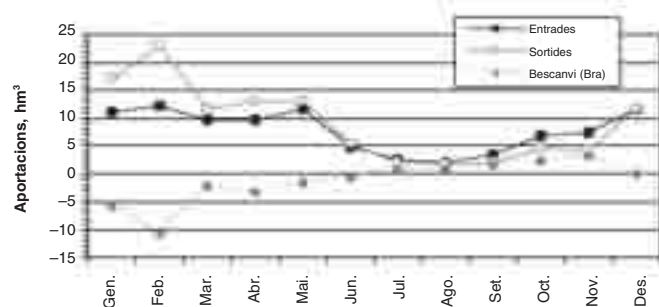


Figura 5. Balanç hidrològic mensual al tram mitjà de la Tordera diferenciant les aportacions de cada una de les procedències (segons NEGRE *et al.*, 2004). La gràfica superior mostra les aportacions, en hm³/mes, a l'EA de Fogars de Tordera.

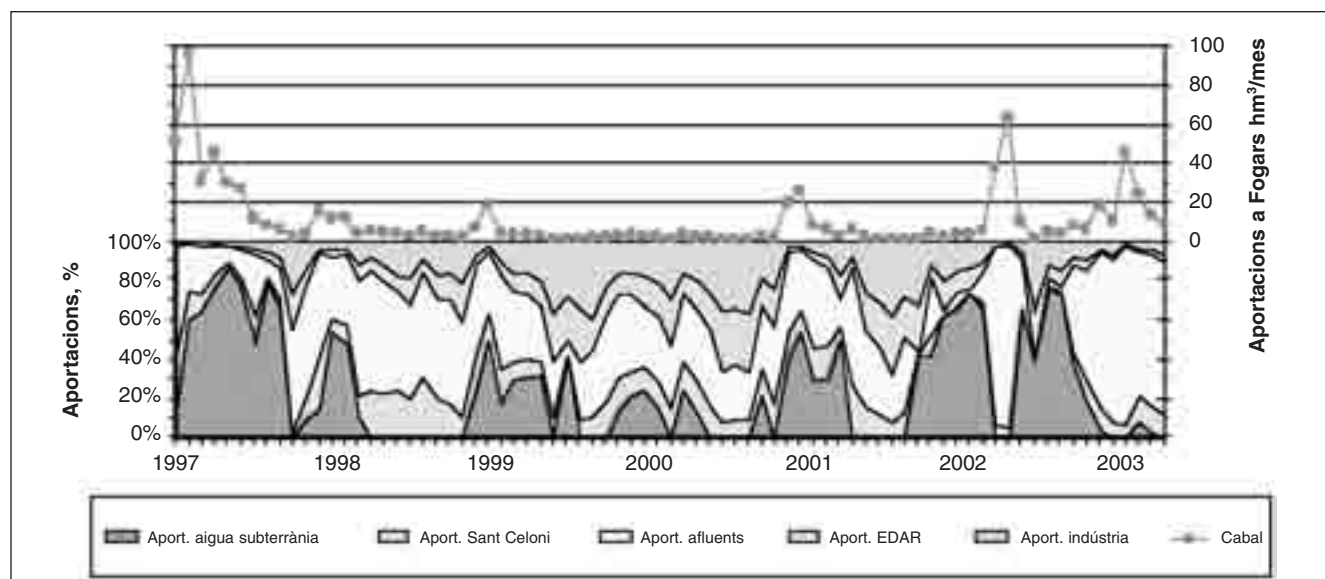


Figura 6. Evolució de la conductivitat mensual mitjana a la Tordera en el període de febrer del 2003 a maig del 2004.

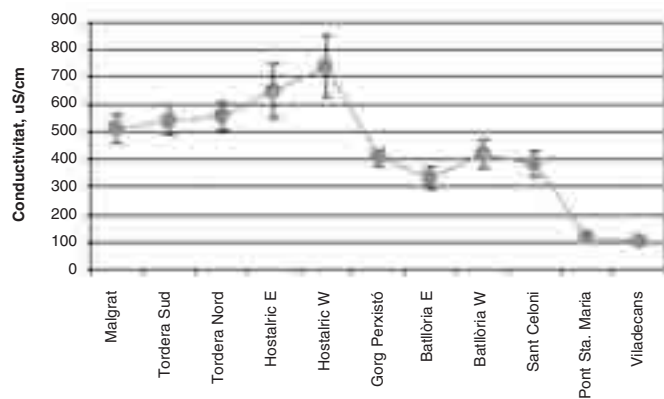
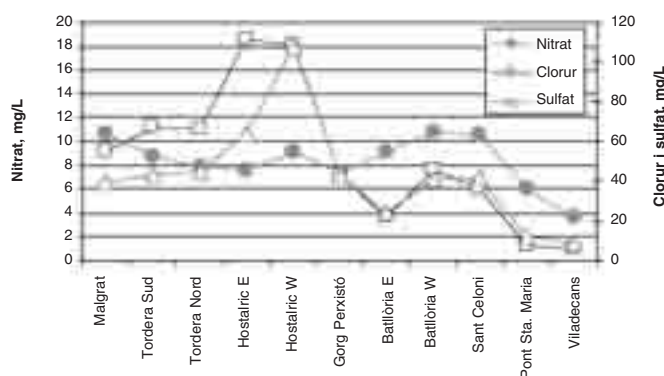


Figura 7. Evolució de les concentracions mitjanes mensuals de nitrat, clorur i sulfat a la Tordera del febrer del 2003 al maig del 2004.



Conclusions

L'anàlisi de les dades hidrològiques permet presentar els elements o criteris següents per a la gestió hidrològica:

- La captació d'aigua, tant superficial mitjançant derivacions per a reg com subterrània en el tram mitjà, limita el cabal superficial i dificulta l'assoliment amb garanties del cabal de manteniment.

- En el tram estudiat, l'extracció d'aigua subterrània afavoreix la pèrdua per infiltració del cabal del riu durant el segon semestre; especialment l'estiu quan els descensos del nivell freàtic a l'aquífer al·luvial són majors.

- Addicionalment, les aportacions procedents del retorn de l'ús no consumptiu (urbanes i industrials) durant el període estival constitueixen un elevat percentatge del cabal total i, per tant, contribueixen notablement a assolir el valor assignat al cabal de manteniment. No obstant això, les concentracions de nutrients i altres soluts associats a aquest retorn, juntament amb la manca de dilució causada per la disminució relativa de les aportacions naturals, determinen la qualitat hidroquímica de l'aigua superficial i condicionen l'estat ecològic del riu.

- La relació riu-aquífer, expressada per la posició del nivell freàtic en relació amb la cota de la llera, indica els llocs on la infiltració és més intensa. Tanmateix, el seguiment de l'evolució hidroquímica al llarg del curs per-

met identificar la ubicació i l'efecte dels diferents abocaments.

En síntesi, aquesta breu avaluació dels paràmetres hidrològics bàsics permet identificar algunes de les causes que determinen l'actual estat ecològic de la Tordera i indica línies d'actuació específiques en la gestió hidrològica de la conca.

Agraïments

Agraïm a l'Agència Catalana de l'Aigua la cessió de les dades per a aquest estudi. Aquest treball ha estat finançat pel projecte L'Observatori de la Tordera; amb el suport de l'Agència Catalana de l'Aigua, l'Ajuntament de Sant Celoni i la Universitat Autònoma de Barcelona.

Bibliografia

ACA-GEOSERVEI (2000). *Actualització i cartografia hidrogeològica del sistema fluvio-deltaic del curs mitjà i baix del riu Tordera*. Inèdit.

ACA (2002). *Planificació de l'Espai Fluvial de la conca de la Tordera*. 3 vol. Inèdit.

ACA (2004a). *Els recursos hídrics en règim natural a les conques internes de Catalunya (1940-2000)*. Recull de dades. Edició en CD.

ACA (2004b). *Pla Sectorial de Cabals de Manteniment a les Conques Internes de Catalunya*. Octubre 2004. (<http://www.gencat.net/aca>).

ALLEY, W.M.; HEALY, R.W.; EALY, J.W.; LABAUGH, T.E.; REILLY (2002). «Flow and storage in groundwater systems». *Science*, 296: 1.985-1.990.

MAS-PLA, J.; NEGRE, M.; BOADA (2004). «Ús de les dades hidrològiques com a indicadors de la qualitat ambiental de la Tordera». *IV Trobada d'Estudiosos del Montnegre i el Corredor*. Diputació de Barcelona, pàg. 47-51.

NEGRE, C.; MAS-PLA, J.; MENCÍO, A. (2004). «Valoració de les aportacions naturals i antròpiques al cabal en el curs mig de la Tordera (CIC) i connotacions ambientals derivades». *IV Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua*. Edició en CD.

OBSERVATORI DE LA TORDERA (2003). *Memòria 2001-03* (<http://www.observatoririu.tordera.org>).

PRAT, N.; MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; CASANOVAS, R.; VILA, M.; BONADA, M.; JUBANY, N.; MIRALLES, J.; PLA, M.; RIERADEVALL, M. (2002). «La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix i la Tordera. Informe 2000». *Estudis de la qualitat ecològica dels rius*, núm. 10. Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 163 pàgines.

POFF, N.L.; ALLAN, J.D.; BAIN, M.B.; KARR, J.R.; PRESTEGAARD, B.D.; RICHTER, R.E.; SPARKS, J.C.; STROMBERG (1997). «The Natural Flow Regime. A paradigm for river conservation and restoration». *BioScience*, 47(11): 769-784.

WINTER, T.C.; HARVEY, J.W.; FRANKE, O.L.; ALLEY, W.M. (1998). *Ground Water and Surface Water. A single resource*. Denver, Colorado: U.S. Geological Survey Circular 1.139.